

## NA LINHA DE FRENTE



FABIO CHALUB  
Universidade Nova  
de Lisboa  
[chalub@fct.unl.pt](mailto:chalub@fct.unl.pt)

## HÁ MUITO TEMPO PARA A EVOLUÇÃO

“A evolução é um processo lento, tão lento que seriam necessários muitos universos para surgir um ser com a complexidade humana” – já ouviram isto em algum lugar? Mais uma treta que a matemática desmistifica, com uma nova estimativa do tempo necessário – logaritmo, não exponencial – para atingir um certo nível de organização genética.

Não há teoria científica que gere mais controvérsia *fora* dos meios académicos do que a evolução. Entre os especialistas, no entanto, a evolução não é sequer classificada como teoria, mas como facto! Porquê então o altíssimo nível de contestação e porque é que a incrível massa de dados acumulada a favor da teoria de Darwin não esmaga a oposição?

Existem muitos motivos para alguém não acreditar numa teoria, mesmo quando quase todos os outros o fazem. A rigor, é da contestação ao que está estabelecido que a ciência progride. Mas, evidentemente, nem sempre isto é feito pelas melhores razões; por vezes, é a busca de consistência interna, outras, o *motto* é a compatibilização com dados frequentemente ignorados, e ainda há aqueles que se preocupam com o rigor das afirmações contidas na teoria e encontram lacunas. Estes são alguns dos *bons* motivos. Mas há também os maus motivos: “não entendo e portanto sou contra” ou, por exemplo, “não coincide com minha visão do mundo”. Este último desdobra-se em dezenas de versões. Aquela que parece mais importante para a contestação à evolução é a crença de que, de alguma forma, nós somos especiais, que um processo aleatório e cego, como aquele preconizado por Darwin, não poderia resultar em seres tão complexos como nós!

No entanto, não se ganham guerras sem sair de casa. Como a evolução é uma teoria científica, é necessário coleccionar factos e explicações que a contestem, caso se a queira derrubar. Um dos primeiros argumentos usados contrários ao darwinismo remonta ao teólogo e filósofo William Paley, que dizia que

se encontramos um relógio, com todos os seus mecanismos perfeitamente encaixados, devemos concluir imediatamente a existência de um relojoeiro que o tenha feito (ou, pelo menos, projetado); além disso, a sua construção mostraria a existência de um propósito na mente do artífice. Se olharmos, então, para os seres vivos, com complexidade claramente superior à de uma pequena máquina, então estas conclusões devem ser potencializadas. Conclusão: Deus existe e tem um propósito. Processos naturais que resultam em nós seriam tão impossíveis quanto um tufão passar num depósito de velharias e deixar um avião pronto a voar.

Apesar da falta de evidências diretas, o raciocínio acima é um encadeamento lógico, que em princípio parece perfeitamente aceitável. Olhando com cuidado, no entanto, o centro do argumento – a existência de um relógio implica a existência de um relojoeiro – é exatamente aquilo que se deseja provar quando aplicado aos seres vivos (coisa que um relógio certamente não é).

Um contra-argumento, certamente com uma dose de ironia, ficou conhecido como “o teorema dos infinitos macacos” (figura 1): se colocarmos uma quantidade infinita de macacos em frente a máquinas de escrever e eles baterem aleatoriamente nas suas teclas a um ritmo constante, um deles acabará por escrever as obras completas de Shakespeare. Verdade, mas tão trivial quanto irrelevante para o que nos interessa. Vejamos o motivo.

Vamos simplificar a vida e considerar um alfabeto de apenas 10 letras. Como este artigo é de matemática, vamos

considerar apenas os 10 números e calcularemos o tempo que um macaco, batendo nas teclas uma vez por segundo, demorará para escrever os 100 primeiros dígitos de  $\pi$  (o nosso *Hamlet*). Existem  $10^{10}$  números de 100 algarismos e portanto serão necessários 300 vezes a idade do universo, sem pausas. O ponto é que a evolução é um processo de otimização combinatória, e para descobrir de todas as possíveis combinações qual delas é a melhor é necessário percorrê-las uma a uma. Para chegar ao nosso genoma, teríamos de examinar uma quantidade incrível de possibilidades:  $L^N$ , onde  $L$  é o número de bases do ADN (cerca de três mil milhões no caso humano) e  $N$  o número de letras deste alfabeto (4: adenina, guanina, citosina e tiamina, as quatro moléculas que se unem para formar o nosso genoma). Podemos mudar este número de forma substancial: consideramos apenas a parte que realmente interessa (a que codifica proteínas), ou então, em vez de bases, consideramos apenas os genes (menos de 30 mil). Nada disto muda o facto concreto de que este número é muuuuuuito grande e o tempo necessário para qualquer mecanismo natural inspecionar mesmo uma pequena fração das possibilidades é proibitivo.

Mais uma vez, este argumento de impossibilidade não apresenta factos, apenas um raciocínio lógico, com uma matemática elementar e muitos furos de raciocínio.

O primeiro de todos é a ideia de que o processo evolutivo é sequencial: primeiro construímos pernas; depois de elas estarem prontas, vamos ver o que podemos fazer com os braços. Somente depois disto tudo poderíamos preocupar-nos com a evolução dos dedos. Na verdade, tudo evolui junto: à medida que ganhávamos a postura ereta, perdíamos pelo, desenvolvíamos uma mão mais adequada a novas tarefas e um cérebro capaz de as executar. Do ponto de vista fundamental, a evolução de cada gene depende de todos os outros (o que, diga-se, dificulta muito a descrição matemática da evolução) e quando uma variante se impõe (ou seja, está pre-



Figura 1: Um macaco dactilógrafo: quanto tempo será necessário para escrever *Hamlet*? Será mais rápido evoluir até o bardo ou continuar a bater ao calhas?

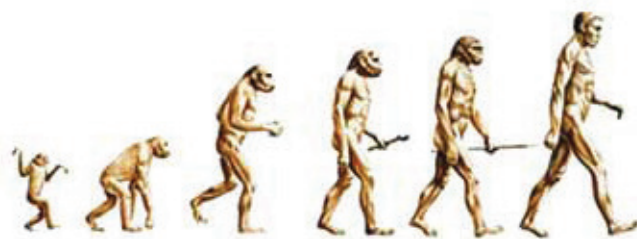


Figura 2: Não evoluímos desenvolvendo cada característica separadamente, mas em paralelo: o cérebro cresce, diminuem os pelos, a postura torna-se ereta, tudo ao mesmo tempo. A figura acima, apesar de famosa, dá a ideia errada de progresso linear no processo evolutivo.

sente em quase todos, ou mesmo todos, os indivíduos de uma população), é muito difícil – mas não impossível – alterá-la.

Apesar de a mutação ser um evento raro, o genoma é tão grande que cada recém-nascido tem em média 100 bases alteradas em relação aos seus pais (mutações), a maior parte destas irrelevantes. Considerando toda a população humana, cada gene tem 250 variantes à disposição da evolução.

Voltemos aos macacos: se considerarmos que quando um macaco acerta um algarismo qualquer da expansão decimal de  $\pi$ , então aquele número está fixo e não mais se altera, o tempo necessário para obter o resultado final será  $N \log L$  (com  $N$  e  $L$  definidos como acima); mais exactamente, como calculado em [1] por W. Ewens (um dos principais cientistas a trabalhar na fronteira entre a matemática e a biologia, do Departamento de Matemática da Universidade da Pensilvânia) e o seu colega Herbert Wilf (um especialista em combinatoria do Departamento de Matemática da mesma universidade), o número de gerações necessárias para este processo simplificado achar o ótimo para um genoma de  $L$  bases e  $N$  letras, quando  $L$  é muito grande, é dado por

$$\frac{\log L + \gamma}{\log \left( \frac{K}{K-1} \right)} + \frac{1}{2},$$

onde  $\gamma \approx 0.57721 \dots$  é a constante de Euler. Para o caso humano, isto dá menos de 100 gerações! Há muitas outras questões que a matemática não pode resolver em relação à ampla aceitação da evolução na sociedade; no entanto, mostrar as falhas lógicas dos argumentos que são frequentemente levantados é uma das inúmeras possibilidades associadas ao raciocínio quantitativo rigoroso, algo que não se faz sem fazer contas.

## REFERÊNCIAS

[1] Herbert S. Wilf e Warren J. Ewens, "There is plenty of time for evolution", *Proc. Natl. Acad. Sciences* **107** (52) 22454–22456 (2010).

*Este artigo foi escrito ao abrigo das normas do Novo Acordo Ortográfico.*